

Teknologi Elektrokoagulasi Hasil Penelitian untuk Pengolahan Limbah Domestik, B. Iswanto
JTL, Vol. 5 No. 4, Des 2010, 113 - 136

TEKNOLOGI ELEKTROKOAGULASI HASIL PENELITIAN UNTUK PENGOLAHAN LIMBAH DOMESTIK

Bambang Iswanto

Jurusan Teknik Lingkungan, FALTL, Universitas Trisakti, Jl Kyai Tapa No.1, Grogol Jakarta Barat 11440, Indonesia

biswanto@trisakti.ac.id

Abstrak

Sistem pengelolaan limbah rumah tangga terpusat dapat mencegah penurunan kualitas badan air di perkotaan. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengembangkan teknologi koagulasi dan denitrifikasi pada proses pengolahan limbah cair domestic sehingga lebih murah, mudah dan ramah lingkungan yaitu dengan memutus koagulan Poly Aluminium Chlorida (PAC) dan atau Poly Aluminium Sulfat yang terserap dalam tanah. Sampel limbah dari pada penelitian yang dilakukan dilakukan pada tahun 2009 ini, diambil dari unit pengolahan limbah Gedung M universitas Trisakti, dengan reactor elektrokoagulasi secara proses kontinyu dengan kecepatan aduk 8000 rpm dan waktu tinggal 55 detik untuk menganalisis parameter pencemar BOD, TKN, TSS, VSS, Total Phosphat, Minyak lemak, Deterjen dan Kekeruhan pada pH 6,54 pada temperatur operasi 28°C. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pengaruh konduktivitas limbah lebih kuat terhadap waktu tinggal dan kecepatan pengadukan di dalam reaktor. Hasil analisis pengolahan limbah minyak Cutting (Konduktivitas 1000-1250 $\mu\text{S}/\text{Cm}$) dengan proses Elektrokoagulasi pada reactor berpengaduk 120 rpm dengan waktu tinggal 30 dan 45 menit maka penyisihan COD =95,00–97,92%, penyisihan surfaktan 81,66-86,60% dan penyisihan Besi/Fe=98,49-99,59%

Abstract

Electro Coagulation Technology of Reseach Results for Domestic Waste Treatment. Centralized domestic waste management system could prevent degradation of water quality in urban area. The purpose of this research is to develop cheaper, easier and more environmentally friendly coagulants poly aluminium chloride (PAC) and poly aluminium sulphate by reducing in the soil absorbed sulphate and chloride. The study was conducted in 2009. Waste water samples were taken from the waste management unit in M building Trisakti University. Continous electrocoagulation reactor of 180 rpm and the determination time of 55 seconds was used to analyse pollutant parameters BOD, TKN, TSS, VSS, total phosphate, oil fats, detergents and turbidity at pH 7.54 and 28°C. The result showed a stronger influence on waste conductivity detention time and rapid mixing in the reactor. The result of the cutting oil waste water treatment analysis (conductivity 1000-1250 $\mu\text{S}/\text{cm}$) by electrocoagulation process at 120 rpm reactor with a detention time of 30 minutes and 45 % shows the separation of COD 95.00-97.92 %, surfactant 86.60 %, and iron/Fe 98.49-99,59 %.

Keywords: electrocoagulation, communal waste water, management

1. Pendahuluan

Air limbah dari rumah tangga, kantor dan restoran sampai dengan saat ini sebagian besar masuk ke badan air penerima lewat drainase atau saluran air tanpa diolah terlebih dahulu. Kualitas limbah rumah tangga, kantor dan restaurant tersebut mempunyai andil yang cukup besar terhadap kualitas badan air penerima seperti sungai sehingga dari tahun ke tahun pencemaran terus meningkat, terutama di daerah perkotaan.

Bercampurnya air drainase dengan limbah rumah tangga akan sangat mempengaruhi kualitas air sungai, dan akan diperparah oleh pebuangan limbah industri yang belum diolah dan atau sudah diolah tetapi masih diatas baku mutu. Hidayat (2006) menyatakan bahwa dibuangnya air limbah rumah tangga secara langsung karena terbatasnya jumlah dan kapasitas Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) penduduk terpusat di Indonesia. Sebagian besar *grey water* dari permukiman dibuang tanpa diolah ke saluran terbuka yang selanjutnya bermuara ke sungai [1].

Sampai saat ini sebagian besar kota-kota di Indonesia masih menggunakan sistem drainase tercampur tanpa dilengkapi dengan fasilitas instalasi pengolah air limbah (IPAL). Kondisi ini mengkhawatirkan mengingat air limbah yang dibuang ke sistem drainase makin meningkat volumenya dengan kualitas yang makin menurun [2]. Selain itu, air limbah yang berasal dari sumber pencemar yang berasal dari permukiman, perkantoran dan restaurant sampai saat ini merupakan salah satu sumber masalah bagi badan air penerima, fakta di lapangan menunjukkan bahwa pengolahan limbah domestik dari permukiman, perkantoran dan restaurant dengan menggunakan proses biologis masih diatas baku mutu yang ditetapkan pemerintah.

Hasil penelitian yang telah dilakukan dalam pengolahan air limbah domestik di gedung M Universitas Trisakti menunjukkan bahwa pengolahan secara kimia dengan proses koagulasi-flokulasi lebih baik dari pada secara biologis. Penyisihan parameter COD dan BOD dengan menggunakan proses kimia sebesar 90-95%, sedangkan dengan menggunakan proses biologis sebesar 80-85%. Namun demikian, secara teknis proses kimia mempunyai kendala dibandingkan dengan secara biologis, karena *sludge* yang dihasilkan cukup besar jumlahnya dan penambahan koagulan perlu pengontrolan rutin.

Proses elektrokoagulasi merupakan proses kimia, yaitu sumber Aluminium berupa kation Aluminium (Al^{3+}) yang dihasilkan dari elektrolisa logam Aluminium untuk ditambahkan ke limbah sebagai koagulan. Jika proses kimia sebagai koagulannya

berupa kation Aluminium hasil elektrokoagulasi maka *sludge* yang dihasilkan secara teoritis lebih kecil dibandingkan dengan koagulan Aluminium Sulfat pada reaksi dengan surfaktan. Hasil *sludge* juga lebih aman karena tidak mengandung Sulfat atau Chlorida, sehingga lebih mudah penanganannya dibanding dengan memakai koagulan Aluminium Sulfat atau Poly Aluminium Chlorida (PAC). Kation Aluminium yang terbuang di tanah akan terperap oleh koloid tanah (lempung), seperti diketahui Kation Aluminium terhidrat mempunyai ukuran terkecil, sehingga akan paling mudah terperap oleh permukaan lempung yang juga mempunyai kandungan Al_2O_3 tergantung komposisi dan jenis lempung. Kendala dari proses ini adalah besar kecilnya Al^{3+} yang dihasilkan dari elektrolisa logam Aluminium sangat tergantung pada besar kecilnya sifat elektrolit dan atau TSS, sulfat dan chlorida dari limbah yang diolah.

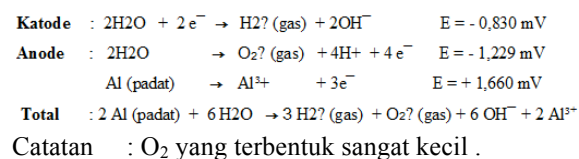
Tujuan penelitian ini untuk mengembangkan teknologi koagulasi dan denitrifikasi pada prosese pengolahan limbah cair domestic sehingga lebih murah, mudah dan ramah lingkungan yakni dengan memutus koagulan PAC dan atau aluminium sulfat untuk mengurangi limbah sulfat dan khlorida dalam tanah.

2. Metode Penelitian

Elektrokoagulasi merupakan suatu proses koagulasi dengan menggunakan arus listrik searah melalui peristiwa elektrokimia yaitu gejala dekomposisi elektrolit digunakan untuk mengolah air limbah [2]. Adanya medan listrik menyebabkan ion-ion yang ada dalam larutan bergerak, yaitu kation akan bergerak ke katoda dan anion akan bergerak ke anoda [1].

Mekanisme Reaksi Elektrokoagulasi.

Reaksi yang terjadi sebagai berikut [3]:



Elektrokoagulasi mempunyai efisiensi yang tinggi dalam penghilangan kontaminan dan biaya operasi yang rendah. Proses ini berdasarkan pada prinsip ilmu dimana adanya respon air yang mengandung kontaminan terhadap medan listrik melalui reaksi reduksi-oksidasi dan dapat menghilangkan beberapa kation berat 99% serta dapat mengurangi mikroorganisme dalam air. Beberapa ion-ion lainnya dan koloid-koloid dapat dihilangkan [4].

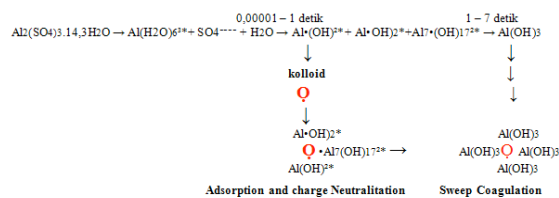
Hal tersebut menunjukkan bahwa Pengaruh perubahan Arus (Ampere) lebih dominan

dibandingkan dengan perubahan Voltage dengan pertimbangan pengaruh elektrosity limbah lebih dominan ,artinya dengan memperkecil $R(\Omega)$ pada larutan limbah maka Arus (I) besar yang akan mempengaruhi besarnya Aluminium yang terlarut (Al^{3+})

$$\text{Hukum Faraday: } m = \frac{M \cdot I \cdot t}{Z \cdot F}$$

Dimana: m = Massa zat hasil elektrolisa (gram)
M = Berat Molekul Logam
I = Arus listrik (ampere)
t = Lamanya arus listrik mengalir (detik)
Z = Valensi Logam.
F =Konstanta Faraday's (96500 Coulomb)

Untuk elektrokoagulasi dengan sel Aluminium persamaan tersebut disederhanakan oleh Syamsul Bachri Suaib (1994) menjadi $m = 0,093 \cdot I \cdot t$ (mg) Mekanisme reaksi koagulasi Aluminium Sulfat menurut Saur & rubach (1997) seperti skema berikut [6]:



Gambar 1. Reaksi koagulasi aluminium sulfat

$Al(H_2O)_3^{3+}$ adalah Al^{3+} terhidrasi mempunyai ukuran kecil dan mobilitas tinggi,dalam waktu 0,00001 – 1 detik akan berubah menjadi beberapa bentuk Aluminium Hidroksida sesuai dengan pH larutan limbah.Pada gambar terlihat $Al(OH)_2^{2+}$; $Al(OH)_2^{2+}$; $Al(OH)_3^{17+}$ merupakan Aluminium Hidroksida yang mempunyai ikatan bebas yang berarti sangat reaktif (tanda titik hitam).

Dalam waktu **sekitar 0,00001- 1 detik** Aluminium hidroksida akan bereaksi dengan koloid karena proses Adsorpsi dan Netralisasi muatan sehingga akan memampatkan /menekan lapisan Diffus pada lapisan Ganda koloid dan ini akan berakibat terjadinya koagulasi . Tetapi jika reaksi **lebih dari 1 detik**, maka Aluminium Hidroksida $Al(OH)_3$ yang tidak bermuatan akan mengadsorpsi Koloid dengan gaya tarik menarik Van DerWalls (Sweep Coagulation) yang akan bekerja untuk memperkuat ikatan antar partikel untuk penggabungan/koagulasi [5].

Alternatif pemilihan waktu reaksi akan menentukan desain reaktor yang akan dibuat seperti kriteria desain reaktor untuk waktu sekitar 1 – 5 detik oleh Susumu Kawamura (1991). Untuk waktu yang lebih dari dua puluh (20) detik [6].

3. Hasil dan Pembahasan

Hubungan Al^{3+} terlarut dengan Daya Hantar Listrik (DHL) larutan.

Sifat elektolit suatu limbah akan sangat berperan besar terhadap proses dan kondisi operasi berlangsungnya elektrokoagulasi. Terdapat hubungan Conductivity (DHL) dengan besarnya arus (Ampere) dan Al^{3+} terlarut dengan jarak elektrode 0,5 Cm seperti berikut [7]:

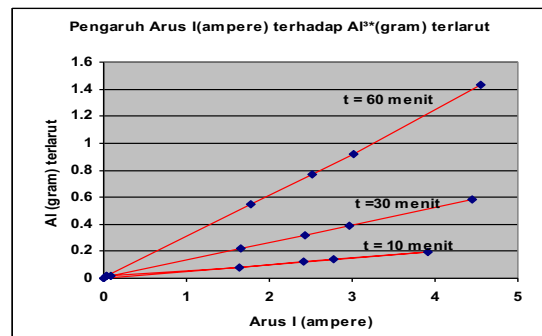
Selanjutnya hasil penelitian tentang Pengolahan limbah minyak cutting dengan reactor berpengaduk elektrokoagulasi secara continue akan dihasilkan prosen penyisihan sebagai berikut.

Tabel 1. Hubungan Conductivity (DHL) dengan Arus (Ampere) dan Al^{3+} terlarut

No.	Conductivity ($\mu S/ Cm$)	Arus (Ampere)	Al^{3+} terlarut (gram/detik. dm^2) x $1/10^5$
1.	300 - 600	0,01- 0,16	4,52 (3,40- 4,90)
2.	1000-1650	1,27- 1,94	8,50 (7,02- 9,00)
3.	1400-1900	2,16- 3,12	11,88 (10,20-13,00)

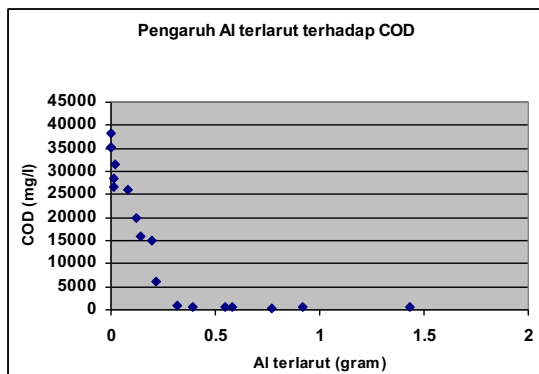
Jika dibandingkan pengaruh sifat konduktivty limbah,waktu tinggal dan kecepatan pengaduk maka disimpulkan bahwa pengaruh konduktivty limbah terhadap waktu tinggal lebih kuat jika dibandingkan dengan pengaruh kecepatan pengadukan terhadap waktu tinggal didalam reaktor. Dalam penelitian tersebut juga terbukti bahwa Hukum Faraday tentang besarnya logam Aluminium terlarut terhadap besarnya arus listrik I dan waktu t.

$W = 5,58 \cdot I \cdot t$ dimana w adalah berat Aluminium(mg) dalam I (ampere) dan t(menit) Semakin I (ampere) besar dan t (menit) besar maka factor bias lebih besar karena tenaga panas(Entrophy)yang ditimbulkan semakin besar sehingga gerak Brown dalam larutan akanmempengaruhi Tahanan arus dan besarnya arus I semakin besar serta Aluminium terlarut semakin besar (Gambar 2).



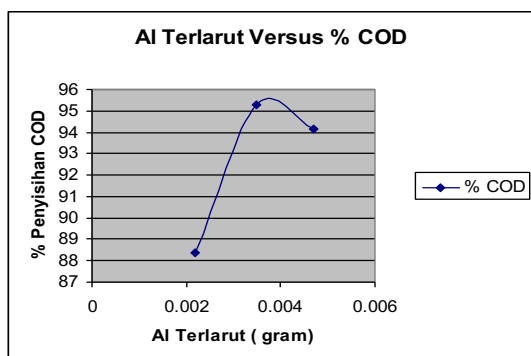
Gambar 2. Hubungan Al^{3+} terlarut dengan penyisihan COD limbah.

Dari hasil analisa pengolahan limbah minyak Cutting (Konduktiviti 1000-1250 S/Cm) dengan proses Elektrokoagulasi pada reactor berpengaduk 120 rpm dengan waktu tinggal 30 dan 45 menit maka prosen penyisihan COD = 95,00 – 97,92% , penyisihan Surfaktan = 81,66 - 86,60% dan penyisihan Besi/Fe = 98,49 - 99,59% (Gambar 3)



Gambar 3. Hubungan Al terlarut dengan COD

Berikut ini hasil proses elektrokoagulasi dengan Reaktor Berpengaduk pada waktu Tinggal 55 detik , kecepatan pengaduk 180 rpm dengan grafik Aluminium terlarut hubungannya terhadap % penyisihan COD.

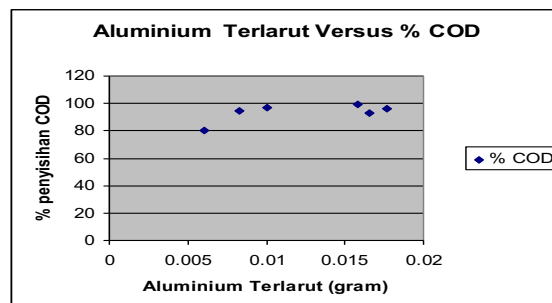


Gambar 4. Penyisihan COD dengan waktu tinggal 55 detik dan 180 rpm

Gambar 4. Menunjukkan hasil proses elektrokoagulasi aluminium terlarut terhadap penyisihan COD dengan reactor pengaduk 180 rpm dan waktu tinggal 55 detik [12]. Aluminium terlarut 0,0022 gram, didapat persen (%) penyisihan yang terbesar yaitu pada persen (%) penyisihan VSS (mg/l) sebesar 99,38%.

Parameter COD, BOD, TSS(mg/l), kekeruhan(NTU), Surfaktan, Minyak/Lemak dan Posphat(mg/l) dengan persen (%) penyisihan sebesar 95,54%, 95,93% ,98,94% ,98,70%, 86,92% ,31,80% dan 25,35% pada pH : 7,54 dan temperatur operasi 28°C.

Gambar 5 menunjukkan hasil proses elektrokoagulasi dengan reaktor Berikut ini hasil proses elektrokoagulasi dengan Reaktor Berpengaduk pada waktu Tinggal 45 detik , kecepatan pengaduk 150 rpm dengan grafik Aluminium terlarut hubungannya terhadap % penyisihan COD [8].



Gambar 5. Penyisihan COD dengan waktu tinggal 45 detik, 150 rpm

Kesimpulan

1. Besarnya Aluminium terlarut sangat tergantung dengan Arus I (ampere), hal mana Arus dipengaruhi oleh elektrosity larutan limbah .
2. Penambahan Aluminium terlarut akan memperbesar % penyisihan COD limbah.
3. Penambahan Aluminium terlarut ,pada Arus I yang tak berubah dapat dilakukan dengan memperbesar luas permukaan logam Aluminium sebagai Anode pada proses Elektrokoagulasi.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Sunardi, 2007. Pengaruh Tegangan Listrik dan Kecepatan Alir terhadap hasil Pengolahan limbah cair yang mengandung logam Pb, Cd dan TSS menggunakan alat Elektrokoagulasi. Seminar Nasional III SDM Teknologi Nuklir , Yogyakarta, 21-22 November 2007.
- [2] Susetyaningsih, R ; Kismolo, E ; Prayitno, 2008. Kajian Proses Elektrokoagulasi untuk Pengolahan limbah cair. Seminar Nasional IV SDMTeknologiNuklir, Yogyakarta, 25- 26 Agustus 2008.
- [3] Dahl, O ; Kuokkanen, T; Kurvi, M; Niinimäki, J and Kuopaniemi Hannu, 1998. Treatment of Acidic effluent from element Chlorine free Bleaching by electrolytic flocculation Filtration & Separation, Pp.827-830.

- [4] Aditya, Dhiti, H., 2008. Mekanisme Proses Elektrokoagulasi. Thesis Magister Fakultas Pasca Sarjana. Institut Teknologi Bandung.
- [5] Suib, S. B. 1994. Pengaruh rapat arus listrik jumlah dan jenis electrode terhadap efektivitas penutunan warna pada cair gambut dengan proses elektrokoagulasi. Tesis Magister teknik Lingkungan, Fakultas Pasca Sarjana, Institut Teknologi Bandung.
- [6] Rubach, S and Saur, I.F., 1997. Onshore testing of produced water by electroflocculation. Filtration & Separation, Pp 877-882
- [7] Reynold, Tom D., Richards, Paul, 1996. Unit Operation and Processing Environmental Engineering, Standford, USA.
- [8] Iswanto, B. 2001. Pengelolahan limbah cair emulasi minyak-air dengan proses Elektroflokulasi dalam reaktor berpengaduk secara kontinue. Tesis Magister Teknik Lingkungan, Fakultas Pasca sarjana, Institut Ekologi Bandung.